

电驱技术在油田压裂设备中的应用

吴则宇

大庆油田装备制造集团吉林分公司 黑龙江大庆

【摘要】随着油田开采技术的不断发展，对压裂设备的性能要求日益提高。电驱技术作为一种先进的驱动方式，在油田压裂设备中的应用逐渐受到关注。本文详细阐述了电驱技术在油田压裂设备中的应用原理、优势、现状以及面临的挑战，并对其未来发展趋势进行了展望，旨在为推动电驱技术在油田压裂领域的广泛应用提供理论参考。

【关键词】油田；压裂；电驱

【收稿日期】2024 年 12 月 16 日 **【出刊日期】**2025 年 1 月 19 日 **【DOI】**10.12208/j.jer.20250013

Research on the application of electric drive technology in oilfield fracturing equipment

Zeyu Wu

Jilin Branch of Daqing Oilfield Equipment Manufacturing Group, Daqing, Heilongjiang

【Abstract】 With the continuous progress of oilfield exploitation technology, the requirements for the performance of fracturing equipment are becoming increasingly stringent. As an advanced driving method, electric drive technology has increasingly attracted attention in the application of oilfield fracturing equipment. This paper deeply analyzes the application principle, advantages, application status and challenges faced by electric drive technology in oilfield fracturing equipment. At the same time, it looks ahead to its future development trends, striving to provide a theoretical reference for promoting the widespread application of electric drive technology in the oilfield fracturing field.

【Keywords】 Oilfield; Fracturing; Electric drive; Application research

引言

伴随着双碳政策的逐步推进，清洁能源受到人们越来越多的重视。电驱化在油田开发中展现出显著优势。电驱配液设备工作噪音较传统柴驱降低近 50%以上，可昼夜连续作业，并且在施工现场实现污染零排放。电驱化设备所用的电机、变频器均选用国产产品，采购成本降低近 30%。同时避免受到国外企业技术制约。在能源消耗上，电费成本大约不到燃油成本的 1/2，节能优势显著。同时可以避免柴驱设备所需定期更换油品的高额维护费用，节省人力物力。在油田压裂作业领域应用全新的快速增粘技术，相间传质效率是目前采用的搅拌罐增粘技术的数倍，提高电驱配液橇作业效率。

1 油田压裂设备当前应用状况

目前同类产品的国内外厂家，应用的混配技术大体有两个设计方向，一个是以四机厂为代表的按

设计浓度一次性混合方向，其优点是混合精度容易控制、混合效率高，但缺点是能耗高；另一个方向是以烟台杰瑞为代表的先混高浓度混合液再与清水二次混合到设计浓度，该技术能耗低，但是混合效果不是十分理想。目前，柴驱动力的配液装备仍是主流产品，而且国内厂家都已经着手研制电驱配液装备。

目前基于大排量混配的作业工艺，大多数情况下采用的混配方式是先混配浓缩液与水再进行混合的方式，此种做法效率较高，但由于采用方式不同，往往存在较大效果差异，不甚理想^[1]。国内混配技术与国外大致相同，水合过程均采用多个低速搅拌罐，先进先出依次通过，增黏效率大庆油田对配液设备提出的要求，需要增加缓冲罐容积，确保作业质量。本次研究的新型电驱配液橇，应用全新快速增粘技术，较同类产品具有混配均匀度高，粘度释放快，体

积小, 能耗低等特点。同类厂家配液装备采用增粘技术大致相同, 多个搅拌罐依次通过的方式增粘, 效率不高。我们研发的电驱配液橇, 应用撞击流技术相间传质效率更高, 能够满足油田对配液质量越来越高的技术要求, 同时也为电驱技术在油田领域的应用起到一定启发作用。

2 电驱技术在油田压裂设备中的应用原理

2.1 电驱系统组成

电驱系统主要由电源、变频器、电动机和控制系统等部分组成。在油田压裂设备中, 电源通常采用电网供电或柴油发电机供电。变频器作为电驱系统的核心部件, 其作用是将电源提供的固定频率和电压的交流电转换为频率和电压均可调的交流电, 以满足电动机不同工况下的运行需求^[2]。电动机则将电能转换为机械能, 为压裂设备提供动力。控制系统负责对整个电驱系统进行监控和调节, 确保系统稳定、可靠运行。

2.2 调速原理

电驱技术的调速原理基于交流异步电动机的转速公式: $n = \frac{60f(1-s)}{p}$, 其中 n 为电动机转速, f 为电源频率, s 为转差率, p 为电动机磁极对数。在油田压裂设备中, 通过变频器改变电源频率 f , 即可实现电动机转速的平滑调节。这种调速方式具有调速范围宽、精度高、效率高等优点, 能够满足压裂作业过程中对设备转速和压力的不同要求。

2.3 能量回馈原理

在压裂作业过程中, 当压裂泵减速或停止时, 电动机处于发电状态, 此时电驱系统能够将电动机产生的电能回馈到电网或储能装置中, 实现能量的回收利用。这种能量回馈功能不仅提高了能源利用率, 还减少了制动电阻的能耗和发热, 降低了设备的运行成本和维护工作量。

3 电驱技术在油田压裂设备中的应用优势

3.1 高效节能

与传统的机械驱动和液力驱动方式相比, 电驱技术具有更高的传动效率。电驱系统减少了机械传动部件的能量损失, 如齿轮传动、皮带传动等, 同时通过精确的调速控制, 使压裂设备能够在最佳工况下运行, 从而有效降低了能耗。研究表明, 电驱压裂设备的能耗相比传统设备可降低 50% 以上^[3]。

3.2 控制精度高

电驱系统采用先进的变频调速技术和控制系统, 能够实现对压裂设备的精确控制。通过调节电动机的转速和转矩, 可以精确控制压裂泵的流量和压力, 满足不同地层条件和压裂工艺的要求。这种高精度的控制有助于提高压裂作业的质量和效果, 减少因控制不当导致的压裂事故^[4]。

3.3 可靠性高

电驱压裂设备的结构相对简单, 减少了大量的机械传动部件和液压元件, 降低了设备的故障率。同时, 电动机和变频器等关键部件具有成熟的技术和可靠的性能, 经过长期的工业应用验证。此外, 电驱系统配备了完善的保护功能, 如过流保护、过压保护、过热保护等, 进一步提高了设备的可靠性和稳定性^[5]。

3.4 环保性能好

电驱技术在运行过程中不产生废气和废液, 减少了对环境的污染。相比传统的柴油驱动压裂设备, 电驱压裂设备的噪声也更低, 有利于改善作业现场的工作环境。随着环保要求的日益严格, 电驱压裂设备的环保优势将更加突出。

3.5 维护成本低

由于电驱压裂设备的结构简单, 机械传动部件和液压元件较少, 因此维护工作量和维护成本大大降低。电动机和变频器等部件的维护相对方便, 且使用寿命较长。同时, 电驱系统具备故障诊断和预警功能, 能够及时发现设备故障隐患, 提前进行维护和维修, 避免设备突发故障对生产造成影响。

4 电驱技术在油田压裂设备应用中面临的挑战

4.1 电网适应性问题

在一些偏远油田地区, 电网基础设施相对薄弱, 电压波动大、供电可靠性低, 这给电驱压裂设备的正常运行带来了一定的困难。此外, 电驱压裂设备在启动和运行过程中会产生较大的谐波电流, 可能对电网造成污染, 影响其他用电设备的正常运行。因此, 如何提高电驱压裂设备的电网适应性, 减少对电网的影响, 是目前面临的一个重要挑战。

4.2 设备成本问题

虽然电驱技术在长期运行过程中具有节能、维护成本低等优势, 但电驱压裂设备的初期购置成本相对较高。这主要是由于电驱系统中的变频器、电动机等关键部件价格昂贵, 以及电驱压裂设备的研

发和制造成本较高。设备成本问题在一定程度上限制了电驱压裂设备的推广应用,尤其是对于一些资金有限的小型油田企业。

4.3 技术标准和规范不完善

目前,电驱技术在油田压裂设备中的应用尚处于发展阶段,相关的技术标准和规范还不够完善。这导致不同厂家生产的电驱压裂设备在性能、质量和安全性等方面存在一定的差异,给设备的选型、使用和维护带来了不便。此外,由于缺乏统一的技术标准和规范,也不利于电驱压裂技术的进一步发展和推广^[6]。

4.4 专业人才短缺

电驱技术涉及电力电子、电机控制、自动化等多个领域的专业知识,对操作人员和维护人员的技术水平要求较高。目前,国内石油行业在电驱压裂设备方面的专业人才相对短缺,部分操作人员和维护人员对电驱技术的原理和应用还不够熟悉,这在一定程度上影响了电驱压裂设备的正常运行和维护。

5 电驱技术在油田压裂设备中的发展趋势

5.1 智能化发展

随着人工智能、大数据、物联网等技术的不断发展,电驱压裂设备将朝着智能化方向发展。通过在设备中集成智能传感器和控制系统,实现对设备运行状态的实时监测和数据分析,根据不同的工况自动调整设备参数,实现智能化的压裂作业。同时,智能化的电驱压裂设备还具备远程监控和故障诊断功能,能够实现远程操作和维护,提高设备的运行效率和管理水平。

5.2 高效节能技术创新

为进一步提高电驱压裂设备的能源利用率,降低能耗,未来将不断开展高效节能技术创新。例如,研发新型的电动机和变频器,提高其效率和性能;采用能量回收和储能技术,实现压裂过程中能量的循环利用;优化电驱系统的控制策略,提高设备的运行效率和稳定性。

5.3 与其他技术的融合

电驱技术将与其他先进技术,如液压技术、机械技术等进行深度融合,形成更加高效、可靠的驱动系统。例如,将电驱技术与液压技术相结合,开发电液混合驱动的压裂设备,充分发挥电驱技术的精确控制优势和液压技术的大扭矩输出优势,提高压

裂设备的综合性能。

5.4 标准化和规范化发展

随着电驱技术在油田压裂设备中的应用逐渐广泛,相关的技术标准和规范将不断完善。行业协会和标准化组织将加强对电驱压裂设备的标准化工作,制定统一的技术标准和规范,促进电驱压裂设备的规范化生产和应用,提高设备的质量和安全性。

6 结论

电驱技术在油田压裂设备中的应用具有显著的优势,能够有效提高油田开采效率、降低生产成本、实现绿色开采。目前,电驱技术在国内外油田压裂设备中已经得到了一定的应用,并取得了良好的效果。然而,在应用过程中仍面临着电网适应性、设备成本、技术标准和规范不完善以及专业人才短缺等挑战。未来,电驱技术在油田压裂设备中将朝着智能化、高效节能、与其他技术融合以及标准化和规范化方向发展。为推动电驱技术在油田压裂领域的广泛应用,需要政府、企业、科研机构等各方共同努力,加强技术研发、完善标准规范、培养专业人才,以实现油田压裂设备的技术升级和可持续发展。

参考文献

- [1] 余家同,槐巧双,刘琨,等.电驱压裂设备技术在川渝地区的优化与应用[J].油气井测试,2024,33(06):48-53.
- [2] 曹雷,宋建新,李爱国,等.网电钻机、电驱压驱注水接入油田配电网研究[J].上海电气技术,2024,17(02):11-16.
- [3] 张利宾,王震,李然,等.油田电驱混砂成套设备数智化发展趋势与研发分析[J].设备管理与维修,2024,(12):96-98.
- [4] 肖磊,曹博超,蔡激扬,等.“双碳”背景下电驱压裂技术的应用实践[J].中国石油企业,2023,(09):95-98.
- [5] 李来鸿,王雅欣,张黎明,等.油田电驱压裂技术研究与应用[J].装备机械,2023,(02):28-34.
- [6] 武志学,王彦伟,杨成.成套电驱压裂设备在长庆油田页岩油压裂改造中的应用[J].石油地质与工程,2023,37(03): 111-114.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

